

ESTIMASI KAPASITAS JALAN TOL CIPULARANG MENGUNAKAN METODE SUSTAINED FLOW INDEX

Fabianus Sebastian Kevin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141
fabianus.kevin@gmail.com

Tri Basuki Joewono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141
vftribas@unpar.ac.id

Abstract

Road capacity is an important traffic parameter in the planning and design of a road or a road network. There are several methods to estimate the road capacity, one of which is the Sustained Flow Index method. The purpose of this study is to estimate the capacity value of the Cipularang Toll Road using the Sustained Flow Index method. This study is expected to be an alternative method for estimating the road capacity. The collected data were grouped into 5-minute intervals, then divided into 2 major groups, namely data per road lane and data per direction of traffic movement. The results of this study indicate that the capacity of the Cipularang Toll Road is 2715 pcu/hour for the Bandung direction and 1987 pcu/hour for the Jakarta direction.

Keywords: road capacity; toll road; Sustained Flow Index; road lane; traffic direction.

Abstrak

Kapasitas jalan merupakan suatu parameter lalu lintas yang penting dalam perencanaan dan perancangan suatu ruas maupun jaringan jalan. Terdapat beberapa metode untuk mengestimasi nilai kapasitas jalan, yang salah satunya adalah metode Sustained Flow Index. Tujuan studi ini adalah mengestimasi nilai kapasitas Jalan Tol Cipularang menggunakan metode Sustained Flow Index. Studi ini diharapkan dapat menjadi suatu metode alternatif untuk mengestimasi nilai kapasitas jalan. Data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan interval waktu 5 menit, untuk selanjutnya dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu data per lajur jalan serta data per arah pergerakan lalu lintas. Hasil studi ini menunjukkan bahwa kapasitas Jalan Tol Cipularang adalah 2715 smp/jam untuk arah Bandung dan 1987 smp/jam untuk arah Jakarta.

Kata-kata kunci: kapasitas jalan; jalan tol; Sustained Flow Index; lajur jalan; arah lalu lintas.

PENDAHULUAN

Kapasitas adalah arus maksimum yang dapat dicapai di suatu ruas jalan (Shojaat et al., 2017). Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997 dijelaskan bahwa nilai kapasitas jalan digunakan untuk mengevaluasi serta merencanakan perubahan suatu ruas jalan tertentu. Dengan mengetahui nilai kapasitas suatu ruas jalan, dapat ditentukan dimensi yang diperlukan untuk menampung arus lalu lintas yang lewat di ruas jalan tersebut dan apakah jalan yang ada masih sanggup menampung beban lalu lintas yang ada.

Nilai kapasitas jalan sering dianggap sebagai suatu nilai yang konstan untuk suatu ruas jalan. Elefteriadou et al. (2006) mengemukakan bahwa tidak tepat jika kapasitas dipandang sebagai sebuah nilai pasti. Selain itu, nilai kapasitas yang selama ini digunakan merupakan batas atas Tingkat Pelayanan (*Level of Service*, LOS) E.

Shojaat et al. (2016) mengemukakan bahwa kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap kondisi lalu lintas. Hal ini membuat satu nilai kapasitas yang konstan tidak dapat menggambarkan variasi kondisi tersebut.

Secara garis besar, terdapat 2 jenis pendekatan untuk mengestimasi nilai kapasitas jalan (Asgharzadeh dan Kondyli, 2018). Pendekatan pertama adalah pendekatan deterministik. Contoh metode-metode yang menggunakan pendekatan ini adalah Greenshield dan Van Aerde. Pendekatan kedua adalah pendekatan stokastik. Contoh metode-metode yang menggunakan pendekatan ini adalah Product Limit Method (PLM) dan Sustained Flow Index (SFI).

Pendekatan deterministik masih menjadi acuan penentuan nilai kapasitas jalan di dunia (Elefteriadou et al., 2006). Manual-manual yang terdapat di negara-negara di dunia masih memandang kapasitas sebagai nilai yang konstan (Brilon et al., 2005). Sebagai konsekuensinya, pendekatan stokastik menjadi asing bagi beberapa kalangan. Hal ini terlihat dari masih sangat sedikit penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan ini. Studi-studi yang pernah dilakukan, yang menggunakan pendekatan stokastik, antara lain adalah Shojaat et al. (2016, 2017), Asgharzadeh dan Kondyli (2018), serta Kusumawiangga (2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai kapasitas Jalan Tol Cipularang KM 79 menggunakan metode SFI. Diharapkan studi ini menjadi awal penelitian mengenai nilai kapasitas jalan dengan metode SFI di Indonesia. Studi-studi seperti ini menjadi penting, sebagai upaya untuk mendapatkan desain jalan yang efisien. Selain itu, penelitian ini juga dimaksudkan untuk menunjukkan bahwa nilai kapasitas jalan dapat ditentukan dengan metode SFI, baik dengan cara grafis maupun dengan cara numerik. Kedua pendekatan digunakan untuk mengantisipasi bila terjadi kondisi khusus, misalnya kekurangan data.

Pendekatan Stokastik dalam Estimasi Kapasitas Jalan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) kapasitas jalan adalah arus maksimum yang melewati suatu titik pada jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam dalam kondisi tertentu. Pernyataan “maksimum” ini kurang spesifik, karena seringkali arus yang melintas melebihi nilai maksimum hasil analisis, namun belum terjadi kemacetan. Akibatnya nilai kapasitas jalan tidak dapat ditentukan secara pasti, sehingga nilai kapasitas jalan hanya dapat diestimasi atau didekati, dan hal ini juga menunjukkan kelemahan pendekatan deterministik.

Di sisi lain, pendekatan stokastik merupakan metode yang menggunakan fungsi distribusi data (Brilon et al., 2005). Shojaat et al. (2016) menjelaskan bahwa nilai kapasitas sebaiknya berupa nilai stokastik, karena bervariasinya kondisi lingkungan dan perilaku pengemudi. Untuk mengakomodasi hal tersebut, pendekatan stokastik menggunakan *lifetime data analysis* (Brilon et al., 2005). Hal ini dapat dirumuskan seperti ditunjukkan dalam Persamaan 1.

$$F(t) = 1 - S(t) \quad (1)$$

dengan:

$F(t)$: Distribusi data *lifetime* = $p(T \leq t)$

T : Waktu

$S(t)$: Fungsi *survival* = $p(T > t)$.

Terdapat beberapa metode yang menggunakan pendekatan ini, misalnya Product Limit Method dan SFI (Asgharzadeh dan Kondyli, 2018). Kedua metode ini mengestimasi nilai kapasitas berdasarkan peristiwa *breakdown*.

Breakdown adalah sebuah peristiwa saat terjadi peralihan dari kondisi lancar ke kondisi macet (Brilon et al., 2005). Kondisi ini ditandai dengan terjadinya penurunan kecepatan lalu lintas secara drastis. Pendekatan stokastik menganggap bahwa arus lalu lintas sebelum *breakdown* (*pre-breakdown flow*) adalah cerminan nilai kapasitas jalan tersebut (Elfteriadou et al., 2006). Dengan demikian, pendekatan ini menganalisis hubungan antara arus lalu lintas yang terjadi dengan probabilitas terjadinya *breakdown* untuk menentukan kondisi *pre-breakdown* yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai kapasitas jalan tersebut.

SFI merupakan metode baru yang diperkenalkan untuk mengestimasi kapasitas. Metode ini diperkenalkan oleh Shiavas Shojaat beserta dengan koleganya pada tahun 2016, untuk mengestimasi nilai kapasitas dengan memperhitungkan sifat stokastik lalu lintas yang ditunjukkan dengan fungsi distribusi (Shojaat et al., 2016).

SFI adalah nilai teoritis dari arus rata-rata lalu lintas yang dapat dipertahankan dalam lalu lintas tanpa terjadinya *breakdown*. Nilai ini merupakan hasil dari perkalian antara arus dengan nilai fungsi *survival* pada arus tersebut, seperti yang dijabarkan dalam Persamaan 2.

$$SFI = q_i \cdot S_c(q_i) = q_i \cdot (1 - F_c(q_i)) \quad (2)$$

dengan:

SFI : *Sustained Flow Index* (vph)

q_i : Arus pada interval i (vph)

$S_c(q_i)$: Probabilitas *survival* pada arus q_i

$F_c(q_i)$: Fungsi distribusi kumulatif dari kapasitas (probabilitas *breakdown*).

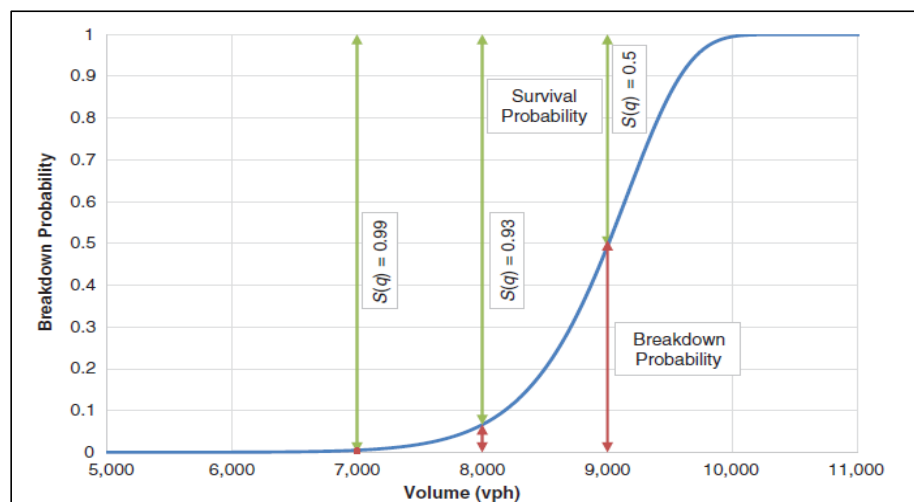
Pada Persamaan 2 tampak bahwa nilai arus dipengaruhi oleh jenis distribusi yang digunakan. Persamaan dalam menentukan nilai arus optimum sangat beragam, yang bergantung pada jenis distribusinya. Pada Tabel 1 disajikan beberapa jenis distribusi probabilitas data beserta persamaannya masing-masing.

Selain cara numerik, arus optimum dapat ditentukan pula secara grafis dengan menggunakan grafik hubungan SFI-Arus (Shojaat et al., 2016). Arus optimum yang ditentukan secara grafis dapat diperoleh dari nilai arus pada saat nilai SFI mencapai maksimum.

Tabel 1 Fungsi-fungsi Distribusi Kumulatif dan Persamaan Arus Optimum
(Shojaat et al., 2016)

Jenis Distribusi	Fc(q)	Parameter	Arus Optimum
Weibull	$1 - e^{-\left(\frac{q}{\beta}\right)^\alpha}$	α = bentuk β = skala	$\beta \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$
Logistik	$\frac{1}{1 + e^{\frac{\gamma - q}{\beta}}}$	γ = lokasi β = skala	$\beta (W(e^{\frac{\gamma}{\beta} - 1}) + 1)$
Gumbel	$1 - e^{-e^{-\frac{q - \gamma}{\beta}}}$	γ = lokasi β = skala	$\beta w(e^{\frac{\gamma}{\beta}})$
Gamma	$\frac{\Gamma(\alpha, \frac{q}{\beta})}{\Gamma(\alpha)}$	α = bentuk β = skala	ditemukan secara numerik
Normal	$\frac{1}{2} (1 + \operatorname{erf} \frac{q - \gamma}{\beta \sqrt{2}})$	γ = lokasi β = skala	ditemukan secara numerik
Lognormal	$\frac{1}{2} (1 + \operatorname{erf} \frac{\ln(q) - \gamma}{\beta \sqrt{2}})$	γ = lokasi β = skala	ditemukan secara numerik

Catatan: W = Fungsi Lambert



Gambar 1 Fungsi Distribusi Kapasitas (Shojaat et al., 2016)

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi arus lalu lintas, semakin berkurang probabilitas *survival*-nya. Namun, jika probabilitas *survival* diperbesar, biaya pembangunan akan menjadi sangat besar. Oleh karena itu, perlu ditentukan nilai arus optimum agar dapat diperoleh jalan yang efisien dengan biaya serendah mungkin.

ANALISIS DATA

Pengumpulan dan Pengolahan Data

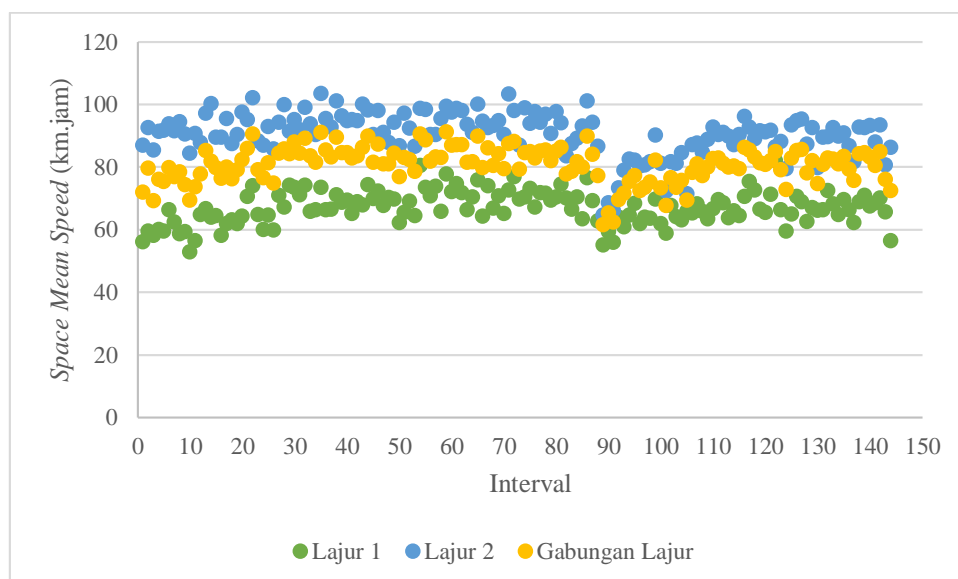
Pada studi ini, data dikumpulkan melalui pencatatan secara manual dengan sumber data berupa rekaman video CCTV. Data direkam oleh PT Jasa Marga (Persero) Cabang Purbaleunyi. Video CCTV direkam pada tanggal 29 Maret 2019, yang direkam dengan durasi 12 jam, dari pukul 06.00 WIB hingga pukul 18.00 WIB secara menerus. Dari rekaman

tersebut dicatat beberapa informasi, seperti waktu masuk, waktu keluar, dan jenis kendaraan. Area pengamatan berupa area yang dibatasi oleh dua garis semu dan garis bahu jalan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

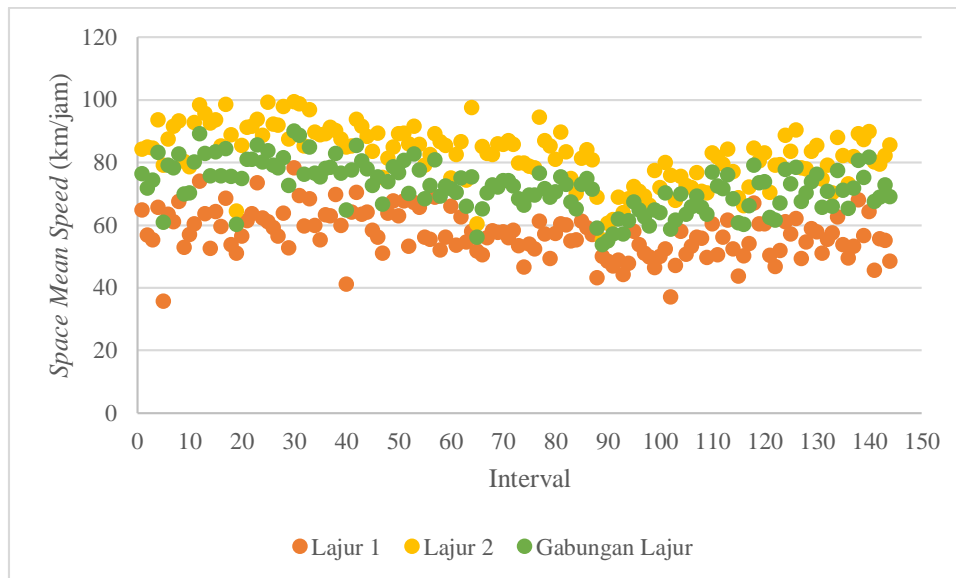


Gambar 2 Area Pengamatan pada Ruas Jalan Tol Cipularang KM 79

Waktu masuk dicatat pada saat bumper mobil menyentuh garis semu, dan begitu pula dengan waktu keluar. Jenis kendaraan dicatat dan kemudian dikonversikan ke standar MKJI 1997. Hal ini bertujuan untuk menentukan nilai ekuivalen mobil penumpang (emp) dalam menghitung arus yang terjadi. Dari total rekaman berdurasi 12 jam yang terkumpul, selanjutnya dikelompokkan berdasarkan interval 5 menit. Distribusi data kecepatan rata-rata ditampilkan pada Gambar 3 untuk arah Bandung dan pada Gambar 4 untuk arah Jakarta. Pengelompokan ini akan digunakan untuk analisis *breakdown* yang nantinya digunakan untuk menghitung nilai SFI.



Gambar 3 Sebaran *Space Mean Speed* Arah Bandung



Gambar 4 Sebaran *Space Mean Speed* Arah Jakarta

Berdasarkan persamaan kecepatan arus bebas menurut MKJI 1997, dapat dihitung kecepatan arus bebas dan didapat sebesar 88 km/jam. Besarnya nilai kecepatan arus bebas tersebut kemudian direduksi sebesar 80%. Nilai ini diambil dari standar perhitungan untuk jalan bebas hambatan di Amerika (Shojaat et al., 2017), yang dipilih karena dalam literatur tidak ditemukan standar baku untuk menentukan kondisi *breakdown* di Indonesia. Nilai kecepatan yang telah direduksi digunakan sebagai kecepatan ambang atau *threshold speed*, yang berfungsi sebagai pembatas untuk menentukan kondisi lalu lintas, apakah tergolong stabil atau *breakdown* (Shojaat et al., 2016).

Bila kecepatan berada di atas ambang kecepatan pada interval i , kecepatan pada interval ke- $(i+1)$ hingga $(i+3)$ secara berturut-turut menjadi kecepatan di bawah ambang (Shojaat et al., 2016). Dengan demikian peristiwa *breakdown* terjadi pada interval ke- i . Kondisi stabil diberi kode “0” dan kondisi *breakdown* diberi kode “1”. Pemberian kode ini berfungsi untuk analisis jenis distribusi dengan menggunakan distribusi data tersensor kanan.

Uji Jenis Distribusi

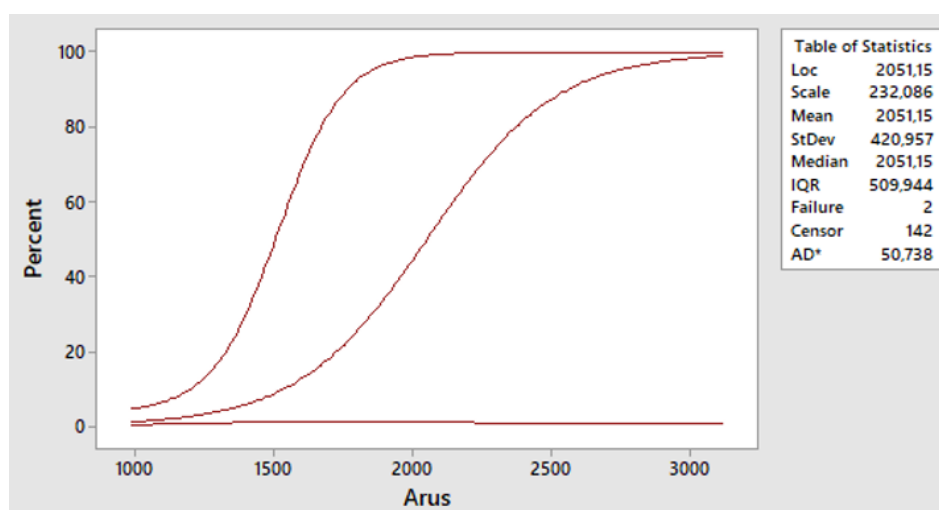
Karenakan jenis distribusi data adalah beragam, diperlukan pengujian untuk mengetahui distribusi yang cocok dengan data yang dimiliki. Pada studi ini digunakan Uji Anderson-Darling untuk menguji kecocokan distribusi.

Untuk menguji distribusi data lalu lintas, perlu dihitung nilai AD sebagai statistik uji serta nilai A^2_{crit} untuk batas nilai maksimum penerimaan hipotesis pada nilai keterandalan yang digunakan (α). Pada studi ini nilai α yang digunakan adalah 0,05, sehingga nilai A^2_{crit} adalah sebesar 0,757. Jika nilai AD lebih besar dari nilai A^2_{crit} , jenis distribusi tersebut disimpulkan tidak cocok. Pada studi ini ditemukan, bahwa distribusi logistik adalah distribusi yang cocok, sehingga digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Analisis Metode Sustained Flow Index

Data kecepatan selanjutnya dianalisis dalam 2 bagian, dengan berdasar arah pergerakan lalu lintas. Data setiap arah selanjutnya dibagi lagi dalam 2 bagian, yaitu data per lajur dan data gabungan lajur. Penamaan lajur sama dengan penomoran lajur yang berlaku di Jasa Marga, yaitu lajur 1 adalah lajur paling kiri dari arah gerak kendaraan.

Dengan menggunakan hasil analisis kecocokan distribusi, ditemukan bahwa distribusi logistik merupakan distribusi yang cocok, sehingga analisis selanjutnya menggunakan distribusi logistik tersebut. Dengan menerapkan *right censoring* data, diperoleh sebuah kurva peluang kegagalan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. *Right censoring* dipilih karena pada pendekatan stokastik digunakan data interval yang berada di atas kecepatan ambang untuk proses analisis dan sisanya diabaikan (Shojaat et al., 2016). Dari kurva pada Gambar 5 diperoleh parameter lokasi dan parameter skala.



Gambar 5 Distribusi Kegagalan Kumulatif pada Lajur 2 Arah Jakarta

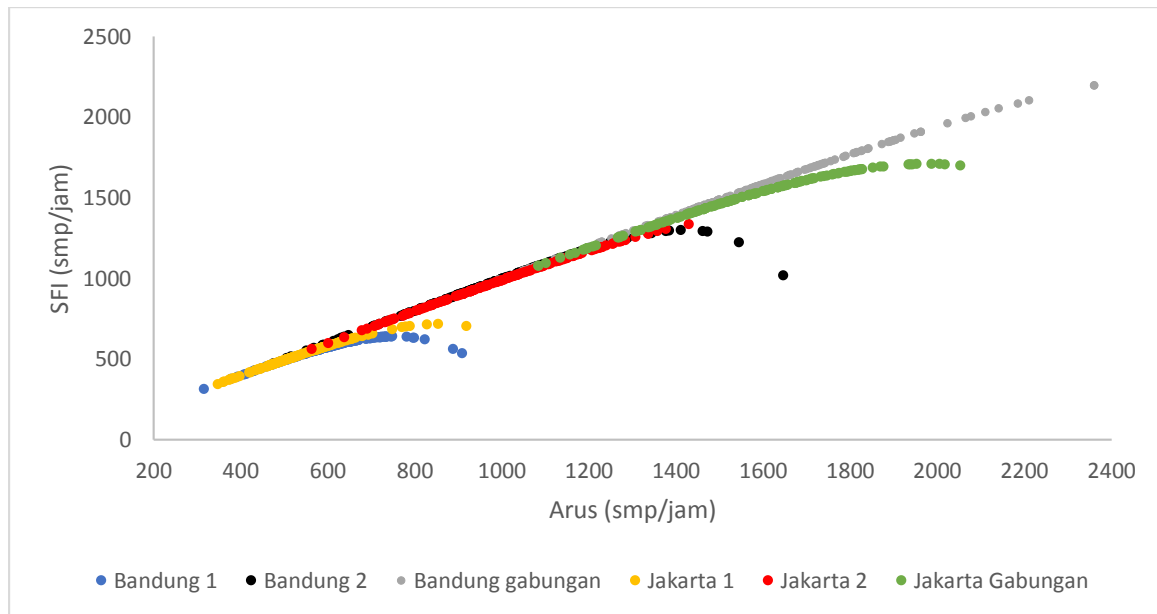
Parameter lokasi dan skala distribusi logistik untuk data kecepatan digunakan sebagai variabel pada persamaan $F_c(q)$. Nilai-nilai parameter tiap-tiap lajur dan gabungan lajur tersaji pada Tabel 2. Dengan mensubstitusikan nilai parameter tiap-tiap lajur dan gabungan lajur, diperoleh nilai $F_c(q)$ tiap-tiap lajur dan gabungan lajur. Nilai $F_c(q)$ yang telah diperoleh kemudian disubstitusikan ke Persamaan 2, sehingga diperoleh nilai SFI tiap-tiap interval. Nilai-nilai SFI tersebut kemudian dimuat dalam sebuah kurva hubungan SFI dengan Arus.

Tabel 2 Nilai Parameter Lokasi dan Skala

	Arah Bandung			Arah Jakarta		
	1	2	Gabungan	1	2	Gabungan
Lokasi	951,511	1704,480	3423,530	1085,410	2051,150	2479,980
Skala	113,706	118,800	411,428	139,692	232,086	270,483

Kurva SFI-Arus tersaji pada Gambar 6. Dengan membuat kurva hubungan SFI dengan arus, dapat ditentukan nilai kapasitas jalan pada lajur tersebut, yaitu nilai arus dengan

SFI tertinggi. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai SFI tertinggi pada lajur 1 arah Bandung adalah 641 smp/jam. Dengan menarik garis vertikal dari puncak grafik, akan diperoleh nilai arus optimum. Sebagai contoh adalah untuk lajur 1 arah Bandung, diperoleh nilai arus optimum sebesar 749 smp/jam. Selain dengan cara grafis, nilai kapasitas jalan juga dapat diperoleh melalui persamaan yang ada pada Tabel 1. Dengan mensubstitusikan nilai parameter distribusi yang telah diperoleh, akan didapat nilai arus optimum yang hampir sama dengan hasil yang didapat dengan cara grafis. Dengan cara numerik, didapat nilai arus optimum pada lajur 1 arah Bandung adalah 755 smp/jam.



Gambar 6 Hubungan SFI dengan Arus

Hasil analisis arus optimum tiap-tiap lajur dan gabungan lajur secara lengkap disajikan pada Tabel 3. Hasil-hasil ini diperoleh dengan metode grafis dan metode numerik. Perhitungan dilakukan dengan 2 cara bertujuan untuk membandingkan tingkat keakuratan perhitungan dan pembacaan kurva SFI-Arus. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa selisih nilai-nilai yang diperoleh dengan cara grafis dan cara numerik relatif kecil, karena pada dasarnya persamaan numerik pada Tabel 1 merupakan turunan dari persamaan kurva SFI-Arus. Perbedaan kecil yang terjadi disebabkan oleh ketelitian saat pembacaan kurva saja.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai arus optimum terbesar adalah 2715 smp/jam untuk arah Bandung dan 1987 smp/jam untuk arah Jakarta. Kedua nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai yang diperoleh bila menggunakan metode MKJI 1997. Hasil analisis menggunakan metode MKJI 1997 adalah 2300 smp/jam (Prabowo, 2019). Hal ini senada dengan studi yang dilakukan oleh Asgharzadeh dan Kondyli (2018), yang menyatakan bahwa hasil SFI lebih kecil daripada hasil yang didapat dengan pendekatan deterministik.

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Analisis Arus Optimum

Lajur		Nilai Arus Optimum (q_o)		Selisih (%)
		Grafis	Numerik	
Arah Bandung	1	749 smp/jam	7545 smp/jam	0,81
	2	1411 smp/jam	1420 smp/jam	0,63
	gab.	belum mencapai puncak	2715 smp/jam	-
Arah Jakarta	1	854 smp/jam	857 smp/jam	0,29
	2	belum mencapai puncak	1634 smp/jam	-
	gab.	1987 smp/jam	1981 smp/jam	0,31

Temuan lain adalah bahwa nilai SFI tertinggi tidak terjadi pada interval yang menunjukkan kondisi *breakdown*. Hal ini menarik karena mendukung teori yang disampaikan oleh Elefteriadou et al. (2006), bahwa peristiwa *breakdown* bisa terjadi sebelum arus terbesar terlampaui.

Pada hasil analisis terdapat hal menarik lainnya yang ditemukan, yaitu pada gabungan lajur arah Bandung dan lajur 2 arah Jakarta. Jika dilihat pada Gambar 6, kedua kondisi tersebut memiliki kurva SFI-Arus yang belum mencapai puncak. Penyimpangan ini disebabkan oleh kurangnya data kondisi *breakdown*, yang menyebabkan data yang tidak tersensor menjadi sangat sedikit, sehingga menimbulkan hasil yang bias. Dengan biasanya hasil analisis dengan cara grafis, nilai tersebut tidak dapat digunakan karena sangat tidak akurat. Oleh karena itu, nilai yang digunakan adalah nilai hasil perhitungan secara numerik.

Penyimpangan, seperti yang terjadi pada hasil analisis gabungan lajur arah Bandung dan lajur 2 arah Jakarta, dapat diatasi dengan mengubah beberapa elemen, seperti kecepatan ambang, lama pengamatan, dan waktu pengamatan. Tujuan utama mengubah elemen-elemen tersebut adalah untuk menambah jumlah kondisi *breakdown*. Jumlah yang disarankan adalah 50 *breakdown* atau minimal sampai menemukan titik puncak.

KESIMPULAN

Pada studi ini diperoleh nilai kapasitas jalan tol ruas Cipularang adalah 2715 smp/jam untuk arah Bandung dan 1987 smp/jam untuk arah Jakarta. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa perhitungan dengan menggunakan metode numerik maupun metode grafis dapat digunakan untuk menentukan nilai arus optimum.

Nilai kapasitas jalan tersebut diambil dengan melihat ketentuan pada MKJI 1997, yang menyatakan bahwa nilai kapasitas pada jalan dua lajur tak terbagi adalah nilai gabungan lajur. Penentuan nilai kapasitas dengan standar MKJI ini dilakukan, karena metode SFI hanya sebatas menentukan nilai arus optimum saja. Keputusan selanjutnya diserahkan kepada masing-masing peneliti untuk menentukan nilai yang tepat sebagai nilai kapasitas jalan yang diamati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Jasa Marga Cabang Purbaleunyi dan Bapak Hendrik Hermansyah yang telah menyediakan data rekaman lalu lintas. Ucapan

terima kasih disampaikan juga kepada Bapak Siavash Shojaat, Ph.D. yang telah memberikan panduan dan tuntunan dalam menggunakan metode SFI.

DAFTAR PUSTAKA

- Asgharzadeh, M.A. dan Kondyli, A. 2018. *Comparison of Highway Capacity Estimation Methods*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2672 (15): 75–84.
- Brilon, W., Geistefeldt, J., dan Regler, M. 2005. *Reliability of Freeway Traffic Flow: A Stochastic Concept of Capacity*. Proceedings of the 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, hlm. 125–144.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Penerbit Direktorat Jendral Bina Marga.
- Elefteriadou, L., Hall, F.L., Brilon, W., Roess, R.P., dan Romana, M.G. 2006. *Revisiting the Definition and Measurement of Capacity*. 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality Services, Yokohama.
- Kusumawiangga, T.G. 2017. *Estimasi Kapasitas Jalan Tol Rute JORR–Pondok Indah Berdasarkan Product Limit Method*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Prabowo, H. 2019. *Estimasi Kapasitas Ruas Jalan Tol Cipularang dengan Metode Van Aerde*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Shojaat, S., Geistefeldt, J., Parr, S.A., Escobar, L., dan Wolshon, B. 2017. *Applying the Sustained Flow Index to Estimate Freeway Capacity*. 1–17.
- Shoojat, S., Geistefeldt, J., Parr, S.A., Wilmot, C.G., dan Wolshon, B. 2016. *Sustained Flow Index Stochastic Measure of Freeway Performance*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2554 (1): 158–165.